

PAT-NO: JP02003255262A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003255262 A
TITLE: SPECIALIZED OPTICAL SYSTEM USING FEMTOSECOND LASER
PUBN-DATE: September 10, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
IGOR, KUDRYASHOV	N/A
SURUGA, MASAJI	N/A
KAWADA, SATOSHI	N/A
NAKAMURA, OSAMU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOKYO INSTRUMENTS INC	N/A
JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP	N/A
KAWADA SATOSHI	N/A
NAKAMURA OSAMU	N/A

APPL-NO: JP2002059307

APPL-DATE: March 5, 2002

INT-CL (IPC): G02B027/09, G02B003/00 , H01S003/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize various machinings such as a forming of a hole with a flat bottom or a polygonal section, a cutting, and a multi-point machining in a laser machining using a femtosecond pulse laser beam.

SOLUTION: The optical system is provided with a microlens array 2 composed of a plurality of concave or convex lenses which form a multiple circular form on which the femtosecond pulse laser beam 1, of which the light intensity distribution in the beam radius direction is Gaussian, is made incident, and an objective lens 3 which focuses respective laser beams, which are formed or deformed through respective lenses composing the microlens array 2, on an image plane 4.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-255262

(P2003-255262A)

(43) 公開日 平成15年9月10日 (2003.9.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード*(参考)
G 0 2 B 27/09		G 0 2 B 3/00	A 5 F 0 7 2
	3/00	H 0 1 S 3/00	B
H 0 1 S 3/00		G 0 2 B 27/00	E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-59307 (P2002-59307)

(22) 出願日 平成14年3月5日 (2002.3.5)

(71) 出願人 395023060

株式会社東京インスツルメンツ

東京都江戸川区西葛西6丁目18番14号

(71) 出願人 398020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000124616

河田 聡

大阪府箕面市箕面4丁目1番18号

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

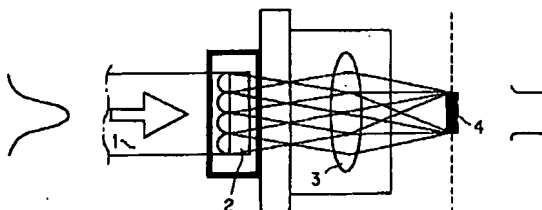
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フェムト秒レーザーを用いた特殊光学系

(57) 【要約】

【課題】 フェムト秒パルスレーザービームを用いたレーザー加工において、平底溝や多角形状での穴の形成または切断加工及び多点加工などの種々の加工を可能とする。

【解決手段】 ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービーム1が入射される多円形状をなす複数の凸または凹レンズからなるマイクロレンズアレイ2と、このマイクロレンズアレイ2を構成する各レンズを経て整形、変形された各レーザービームを像面4上に結像させる対物レンズ3とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸レンズまたは凹レンズからなるマイクロレンズアレイと、

上記マイクロレンズアレイを構成する各凸レンズまたは凹レンズを経た各レーザービームを像面上に結像させる対物レンズとを備え、

上記像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム径方向の光強度分布は、略々矩形状となっていることを特徴とするフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系。

【請求項2】 上記マイクロレンズアレイにおける各凸レンズまたは凹レンズは、入射開口の形状が多円形状または多角形状となっており、

上記像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状が、上記マイクロレンズアレイにおける各凸レンズまたは凹レンズの入射開口の形状となっていることを特徴とする請求項1記載のフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系。

【請求項3】 ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなるマイクロレンズアレイと、

上記マイクロレンズアレイを構成する各凸または凹シリンドリカルレンズを経た各レーザービームを像面上に結像させる対物レンズとを備え、

上記像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状は、1本のライン状となっていることを特徴とするフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系。

【請求項4】 ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなる第1のマイクロレンズアレイと、

軸方向が上記第1のマイクロレンズアレイをなす複数の凸または凹シリンドリカルレンズに対して交差する方向となっている複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなり、上記第1のマイクロレンズアレイを経たレーザービームが入射される第2のマイクロレンズアレイと、上記第1及び第2のマイクロレンズアレイを構成する各凸または凹シリンドリカルレンズを経た各レーザービームを像面上に結像させる対物レンズとを備え、

上記像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状は、2本のラインが交差した形状となっていることを特徴とするフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系。

【請求項5】 ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸レンズまたは凹レンズからなるマイクロレンズアレイと、

上記マイクロレンズアレイを構成する各凸レンズまたは凹レンズに対して共焦点となる位置に配置されたリレーレンズと、

上記リレーレンズを経た各レーザービームを像面上に集光させて複数の光スポットを形成する対物レンズとを備え、

上記像面における各光スポットは、上記マイクロレンズアレイを構成する各凸レンズまたは凹レンズに対応しており、多点加工を行うことを特徴とするフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フェムト秒パルスレーザービームのビーム径方向の光強度分布やビーム形状を変換し、このフェムト秒パルスレーザービームをレーザー加工等に適したレーザービームとするフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、レーザー微細加工に適したレーザービームとして、フェムト秒($f s : 10^{-12} \text{ sec}$)

パルスレーザービームを用いることが提案されている。このフェムト秒パルスレーザービームは、金属や透明材料などの加工に用いた場合、これまでの炭酸ガスレーザーやナノ秒YAGレーザーによる加工とは全く異なり、レーザービームの照射部位周辺に熱的、化学的な損傷(変形、変質)をほとんど与えないという特徴がある。

【0003】これは、従来のレーザー加工では被加工材料に照射された光エネルギーのほとんどが熱エネルギーに変換され、この熱によって融解、分解、飛散による加工が進行するのに対し、フェムト秒レーザーを用いた場合には、極めて短時間にエネルギーが被加工材料に集中するため、ナノプラズマ、ナノショック、ブレイクダウン、格子歪み、衝撃波が超高速で発生し、熱が発生する前にアブレーション(飛散)による加工が進行するために、照射部位のみの加工が誘起され周囲に損傷が及ばず、きれいな加工がなされと考えられている。

【0004】また、フェムト秒パルスレーザービームを用いた透明材料に対する加工では、多光子吸収による加工が進むため、材料表面を損傷することなく、内部のみを3次元的にリモート加工することも可能である。さらに、多光子吸収など非線形現象を利用した加工であるため、光を用いているにもかかわらず、照射光の波長の回折限界を超える加工分解能が得られる。

【0005】このように、フェムト秒パルスレーザービームを用いたレーザー加工においては、従来のレーザー加工とは加工のメカニズムが全く異なり、分解能も遙かに高く、かつ、被加工材料の内部に加工領域を限定することもできるので、従来のレーザー加工の常識を遥かに越えた100ナノメートル以下の超微細加工技術を実現することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のようなフェムト秒パルスレーザービームを用いた加工は、集光されたフェムト秒パルスレーザービームが実現する時間的、空間的な高光子密度性によって初めて可能になる。すなわち、フェムト秒パルスレーザービームを用いて加工を行うには、このフェムト秒パルスレーザービームを被加工材料上に集光させなければならない。

【0007】フェムト秒パルスレーザービームの集光を、単なる凸レンズを用いて行った場合、この凸レンズに入射されるフェムト秒パルスレーザービームのビーム径方向の光強度分布はガウシアン分布となっているため、集光された光スポットにおいては、中心部が周辺部に対して光強度が強くなる。この光スポットにおける径方向の光強度分布は、略々ガウシアン分布に近い分布となる。このような光スポットを被加工材料上に照射して加工を行った場合、光スポットの中心部分が照射された部位のみが深い穴として加工され、光スポットの周辺部が照射された部位はあまり加工されない状態となる。また、このような光スポットを被加工材料上に照射しつつ移動させて加工を行った場合、光スポットの中心部分が通過した部分のみが深い溝として加工され、周辺部が通過した部分はあまり加工されない状態となる。

【0008】したがって、このような光スポットを用いた加工においては、例えば溝加工を行った場合において、深いV溝状の溝加工は可能であるが、底面が平らになった平底溝を形成する加工を行うことは極めて困難である。また、このような光スポットを用いた加工においては、開口部の形状が、例えば矩形状などの多角形状となされた穴を形成する加工も困難である。

【0009】そこで、本発明は、上述の実情に鑑みて提案されるものであって、フェムト秒パルスレーザービームを用いたレーザー加工において、平底溝や多角形状の穴を形成する加工などの種々の加工を可能とするフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系を提供しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するため、本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系は、ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸レンズまたは凹レンズからなるマイクロレンズアレイと、このマイクロレンズアレイを構成する各凸レンズまたは凹レンズを経た各レーザービームを像面上に結像させる対物レンズとを備えている。そして、この特殊光学系においては、像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム径方向の光強度分布が、略々矩形状となっていることを特徴とするものである。

【0011】また、本発明は、上述のフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系において、マイクロレンズアレイ

における各凸レンズまたは凹レンズは、入射開口の形状を多円形状または多角形状とし、像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状がマイクロレンズアレイにおける各凸レンズまたは凹レンズの入射開口の形状となるようにしたものである。

【0012】そして、本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系は、ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなるマイクロレンズアレイと、マイクロレンズアレイを構成する各凸または凹シリンドリカルレンズを経た各レーザービームを像面上に結像させる対物レンズとを備えている。そして、この特殊光学系においては、像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状が、1本のライン状となっていることを特徴とするものである。

【0013】さらに、本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系は、ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなる第1のマイクロレンズアレイと、軸方向が第1のマイクロレンズアレイをなす複数の凸または凹シリンドリカルレンズに対して交差する方向となっている複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなり第1のマイクロレンズアレイを経たレーザービームが入射される第2のマイクロレンズアレイと、これら第1及び第2のマイクロレンズアレイを構成する各凸または凹シリンドリカルレンズを経た各レーザービームを像面上に結像させる対物レンズとを備えている。そして、この特殊光学系においては、像面におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状が、2本のラインが交差した形状となっていることを特徴とするものである。

【0014】また、本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系は、ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービームが入射される複数の凸レンズまたは凹レンズからなるマイクロレンズアレイと、このマイクロレンズアレイを構成する各凸レンズまたは凹レンズに対して共焦点となる位置に配置されたリレーレンズと、このリレーレンズを経た各レーザービームを像面上に集光させて複数の光スポットを形成する対物レンズとを備えている。そして、この特殊光学系においては、像面における各光スポットは、マイクロレンズアレイを構成する各凸レンズまたは凹レンズに対応しており、多点加工を行うことを特徴とするものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

【0016】〔1〕本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系の構成(1)

本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系は、図1及び図2に示すように、フェムト秒パルスレーザービーム1が入射されるマイクロレンズアレイ2を有している。フェムト秒パルスレーザービーム1は、図3に示すように、ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっている。また、マイクロレンズアレイ2は、複数の円形の凸レンズまたは凹レンズが光軸に直交する平面上に並列的二次元的に配列されて多円形状をなして構成されている。

【0017】フェムト秒パルスレーザービーム1は、図10に示さないフェムト秒チタンサファイアレーザーなどによって出射されたものである。フェムト秒チタンサファイアレーザーとしては、例えば、発振波長が800nm、周波数1kHz（または300kHz）、パルス幅150fs（フェムト秒）、出力0.8mJ/pulse（または4μJ/pulse）程度のものが使用できる。

【0018】そして、この特殊光学系は、マイクロレンズアレイ2を構成する各レンズを経た各レーザービームを像面4上に結像させる対物レンズ3を備えている。図1に示すように、マイクロレンズアレイ2が複数の凸レンズにより構成されている場合には、対物レンズ3は、マイクロレンズアレイ2を構成する各凸レンズを経て集光された後に拡散する各レーザービームを像面4上に結像させる。また、図2に示すように、マイクロレンズアレイ2が複数の凹レンズにより構成されている場合には、対物レンズ3は、マイクロレンズアレイ2を構成する各凹レンズを経て拡散する各レーザービームを像面4上に結像させる。

【0019】この特殊光学系において、入射されるフェムト秒パルスレーザービーム1はビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているが、像面4におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム径方向の光強度分布は、図4に示すように、略々矩形形状となっている。像面4におけるビーム径方向の光強度分布がこのように略々矩形形状となっていることにより、この像面4に被加工材料を置けば、平底溝や平底穴を形成する加工や切断加工が容易にでき、また、元のフェムト秒パルスレーザービーム1の光強度の変動があっても、加工される幅にほとんど影響が生じない。

【0020】像面4上のビーム径をaとすると、マイクロレンズアレイ2における各レンズの開口径をDとし、マイクロレンズアレイ2における各レンズの焦点距離をFとし、対物レンズ3の焦点距離をfとすると、ビーム径aは、以下のように示される。

【0021】 $a = f \times (D/F)$

なお、フェムト秒パルスレーザービームを用いた加工においては、前述したように、金属やシリコンなどの不透明材料の他、ガラス、水晶、サファイア、ダイヤモンドなどの透明材料をも被加工材料として加工することができる。

【0022】〔2〕本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系の構成（2）

また、この特殊光学系においては、図5、図6及び図7に示すように、マイクロレンズアレイ2における各レンズの入射開口の形状を、円形ではなく、矩形（図5）、長方形（図6）や六角形（図7）などの多角形状とすることができる。

【0023】この場合には、像面4におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状が、図8に示すように、マイクロレンズアレイ2における各レンズの入射開口の形状となる。像面4におけるビーム形状がマイクロレンズアレイ2の各レンズの入射開口の形状となることにより、この像面4に被加工材料を置けば、開口部が多角形で平底の穴加工を容易に行うことができる。また、この場合には、マイクロレンズアレイ2における各レンズの入射開口が円形である場合に比較して、エネルギー効率を高くすることができる。この場合には、マイクロレンズアレイ2において各レンズの間の部分で遮られるレーザービームがないからである。

【0024】〔3〕本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系の構成（3）

そして、この特殊光学系は、図9に示すように、ビーム径方向の光強度分布がガウシアン分布となっているフェムト秒パルスレーザービーム1が入射されるマイクロレンズアレイ2を、複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなるものとして構成することができる。このマイクロレンズアレイ2においては、複数のシリンドリカルレンズは、光軸に直交する平面上において、互いに軸を平行として配列された状態に形成されている。

【0025】このマイクロレンズアレイ2を構成する各シリンドリカルレンズを経た各レーザービームは、対物レンズ3に入射される。この対物レンズ3は、マイクロレンズアレイ2が複数の凸シリンドリカルレンズにより構成されている場合には、マイクロレンズアレイ2を構成する各凸シリンドリカルレンズを経て収束された後に拡散する各レーザービームを像面4上に結像させる。また、マイクロレンズアレイ2が複数の凹シリンドリカルレンズにより構成されている場合には、対物レンズ3は、マイクロレンズアレイ2を構成する各凹シリンドリカルレンズを経て拡散する各レーザービームを像面4上に結像させる。この像面4におけるフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状は、1本のライン状となる。

【0026】このライン状のビームの長さは、上述の式（ $a = f \times (D/F)$ ）によって決まり、例えば、fが4.5mm、（D/F）が0.1である場合において、450μmとなる。また、このライン状のビームの幅dは、フェムト秒パルスレーザービームの波長λと対物レンズ3の開口数NAによって、以下の式によって決まる。

【0027】 $d = 0.63 \times \lambda / NA$

波長 λ が800nm(0.8 μ m)、開口数NAが0.55であるとする、ライン状のビームの幅 d は、約1 μ mとなる。

【0028】そして、このライン状のビームにおいて、長さ方向の光強度の変化は、全長に亘って、 $\pm 10\%$ 程度に抑えられている。

【0029】また、この特殊光学系は、図10に示すように、上述の複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなるマイクロレンズアレイを第1のマイクロレンズアレイ2とし、さらに、軸方向が第1のマイクロレンズアレイをなす複数の凸または凹シリンドリカルレンズに対して交差する方向となっている複数の凸または凹シリンドリカルレンズからなり第1のマイクロレンズアレイを経たレーザービームが入射される第2のマイクロレンズアレイ5を設けて構成することができる。

【0030】この場合には、対物レンズ3により像面4上に結像されたフェムト秒パルスレーザービームのビーム形状は、2本のラインが交差した十字形状となる。この十字形状をなす各ラインの長さ及び幅は、上述した1本のライン状のビーム形状の場合と同様である。また、これら2本のラインが交差する角度は、第1及び第2のマイクロレンズアレイにおける各凸または凹シリンドリカルレンズの軸がなす角度に等しい。

【0031】〔4〕本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系の構成(4)

そして、この特殊光学系は、図11に示すように、フェムト秒パルスレーザービーム1が入射されるマイクロレンズアレイ2を構成する各レンズに対して共焦点となる位置にリレーレンズ6を配置し、このリレーレンズ6を経た各レーザービームが対物レンズ3に入射されるようにして構成することができる。

【0032】この場合において、対物レンズ3は、リレーレンズ6から出射された複数の平行光束を、それぞれ像面4上に集光させ、複数の光スポットを形成する。このように像面4上に形成される各光スポットは、マイクロレンズアレイ2を構成する各レンズに対応している。

【0033】したがって、この特殊光学系においては、像面4上において、マイクロレンズアレイ2を構成する各レンズに対応した複数の光スポットが形成され、この像面4に被加工材料を置けば、多点加工を行うことができる。

【0034】また、この特殊光学系において、マイクロレンズアレイ2を構成する各レンズに対応させて遮光シャッター7を設け、各レンズから選択的にフェムト秒パルスレーザービーム1が透過するようにすれば、像面4上においては、図12に示すように、複数の光スポットが選択的に形成され、所望のパターンとすることができ

る。

【0035】すなわち、像面4上において、複数の光スポットからなる文字や図形などのパターンを形成するこ

とができる。この像面4に被加工材料を置けば、文字や図形などの所望のパターンの加工を行うことができる。

【0036】なお、遮光シャッター7としては、液晶シャッターなどを用いることができる。

【0037】

【発明の効果】上述のように、本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系においては、入射されたフェムト秒パルスレーザービームについて、ビーム径方向の光強度分布を略々矩形状としたり、ビーム形状を多角形状やライン状、十字形状としたり、所定のパターンとして、像面上に投射することができる。

【0038】すなわち、本発明は、フェムト秒パルスレーザービームを用いたレーザー加工において、平底溝や多角形状の穴を形成する加工などの種々の加工を可能とするフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系を提供することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系(マイクロレンズアレイが複数の凸レンズからなるもの)の構成を示す側面図である。

【図2】本発明に係るフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系(マイクロレンズアレイが複数の凹レンズからなるもの)の構成を示す側面図である。

【図3】上記フェムト秒レーザーを用いた特殊光学系に入射されるフェムト秒パルスレーザービームのビーム径方向の光強度分布を示すグラフである。

【図4】上記フェムト秒レーザーを用いた特殊光学系において像面上に結像されるビームのビーム径方向の光強度分布を示すグラフである。

【図5】上記フェムト秒レーザーを用いた特殊光学系におけるマイクロレンズアレイをなす各レンズの形状(矩形)を示す正面図である。

【図6】上記フェムト秒レーザーを用いた特殊光学系におけるマイクロレンズアレイをなす各レンズの形状(長方形)を示す正面図である。

【図7】上記フェムト秒レーザーを用いた特殊光学系におけるマイクロレンズアレイをなす各レンズの形状(六角形)を示す正面図である。

【図8】上記図5乃至図7に示したマイクロレンズアレイを有するフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系において像面上に形成されるビーム形状を示す正面図である。

【図9】複数のシリンドリカルレンズからなるマイクロレンズアレイを有するフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系の構成を示す斜視図である。

【図10】複数のシリンドリカルレンズからなるマイクロレンズアレイを2枚を有するフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系の構成を示す斜視図である。

【図11】像面上に複数の光スポットを形成するためのフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系の構成を示す側

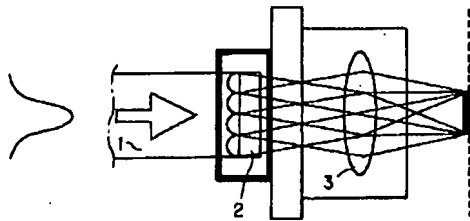
面である。

【図12】上記図11に示したフェムト秒レーザーを用いた特殊光学系において像面上に形成される複数の光スポットからなるパターンを示す正面図である。

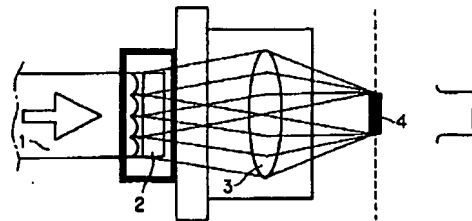
【符号の説明】

1 フェムト秒パルスレーザービーム、2 マイクロレンズアレイ、3 対物レンズ、4 像面、5 第2のマイクロレンズアレイ、6 リレーレンズ、7 遮光シャッタ

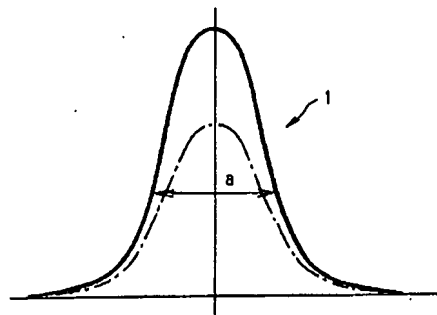
【図1】



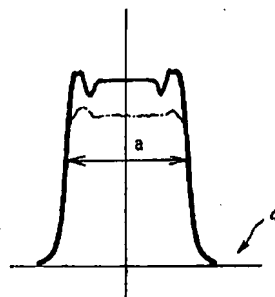
【図2】



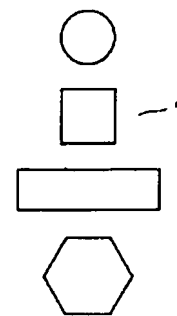
【図3】



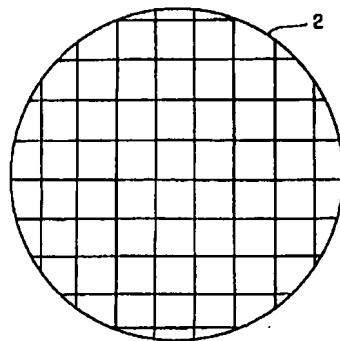
【図4】



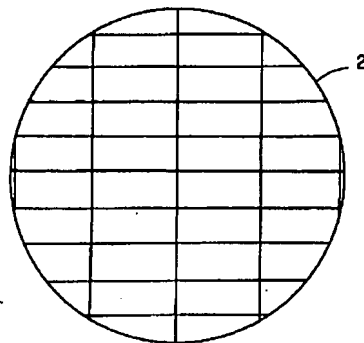
【図8】



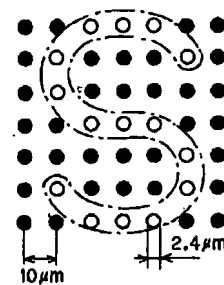
【図5】



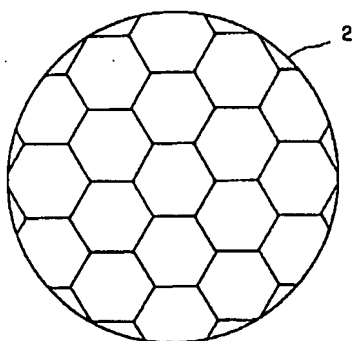
【図6】



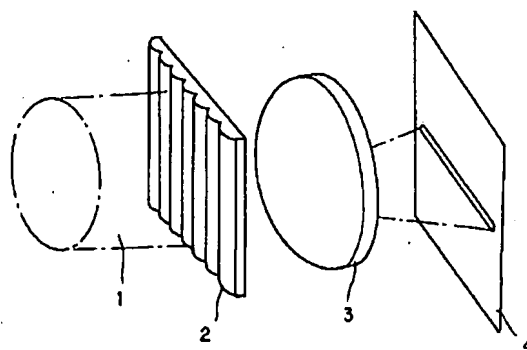
【図12】



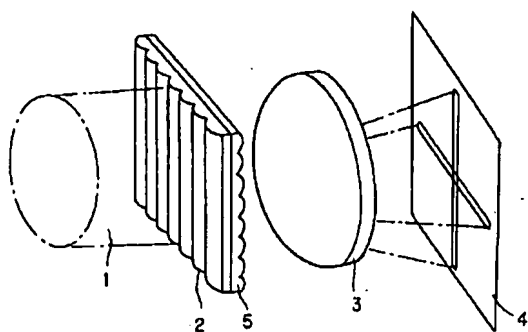
【図7】



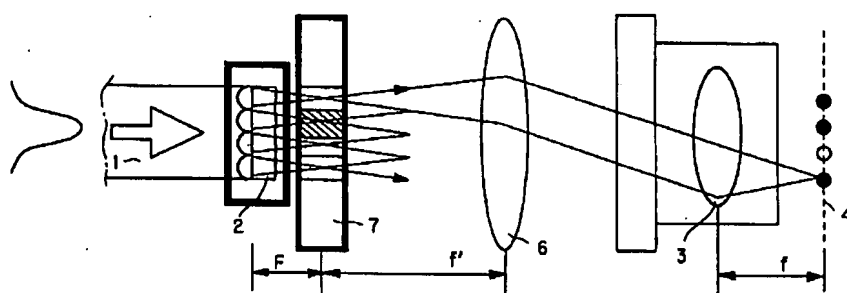
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(71)出願人 502080508

中村 収

大阪府高槻市日吉台四番町10-21-301号

(72)発明者 クドゥリヤショフ イゴーリ

東京都江戸川区西葛西6丁目18番14号 株

式会社東京インスツルメンツ内

(72)発明者 駿河 正次

東京都江戸川区清新町1-4-1-305

(72)発明者 河田 聡

大阪府箕面市箕面4丁目1番18号

(72)発明者 中村 収

大阪府高槻市日吉台四番町10-21-301号

Fターム(参考) 5F072 JJ20 KK30 SS08 YY06